

Stromboli 15-20 ottobre 2002

Che cosa ci faccio con l'S13?

Ovvero: come insegnare nuovi
trucchi a un vecchio cane.

G. Romeo, P. Benedetti, T. Braun, F. Pongetti, Q. Taccetti e L. Badiali

Il vecchio cane aveva una buona dentatura:

In un mondo di fantasiosi (e misteriosi) *feed-back* l' S13 ci offre la semplicità di un pendolo classico con trasduttore elettromagnetico , oltre ad una realizzazione meccanica impeccabile e ad una massa di 5 Kg, insensibile al proprio rumore termico e a correnti convettive nel contenitore.

I lati negativi sono rappresentati dal magnete mobile, che rende il movimento della massa sensibile a campi magnetici esterni e alla grossa bobina di *pick-up* che permette a campi elettromagnetici di inquinare l' uscita

pendolo

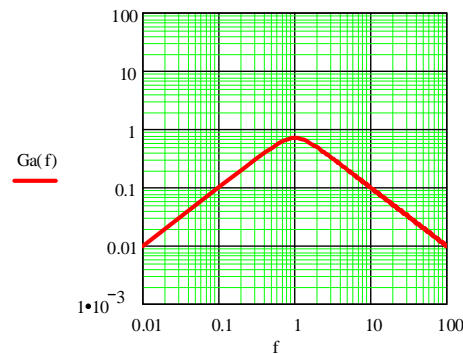
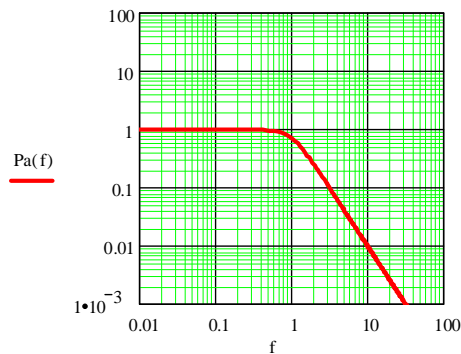
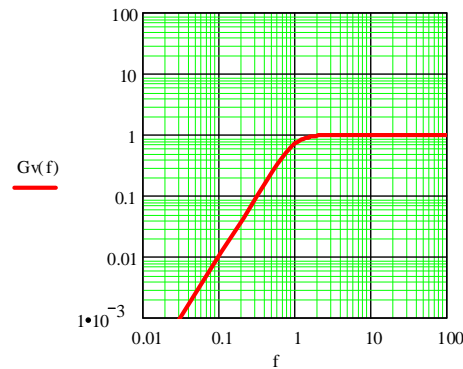
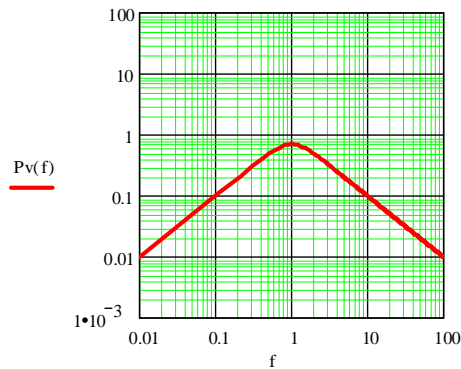
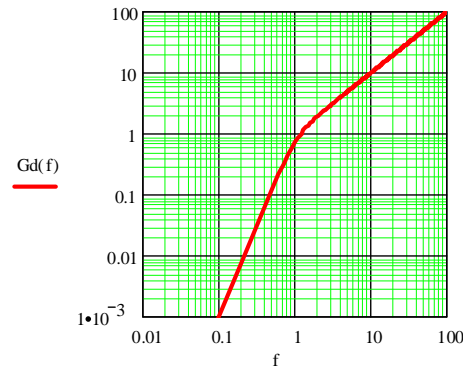
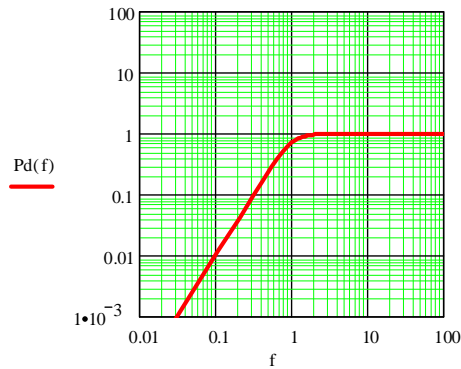
Pendolo con *pick-up*
elettromagnetico

Ripassino

spostamento

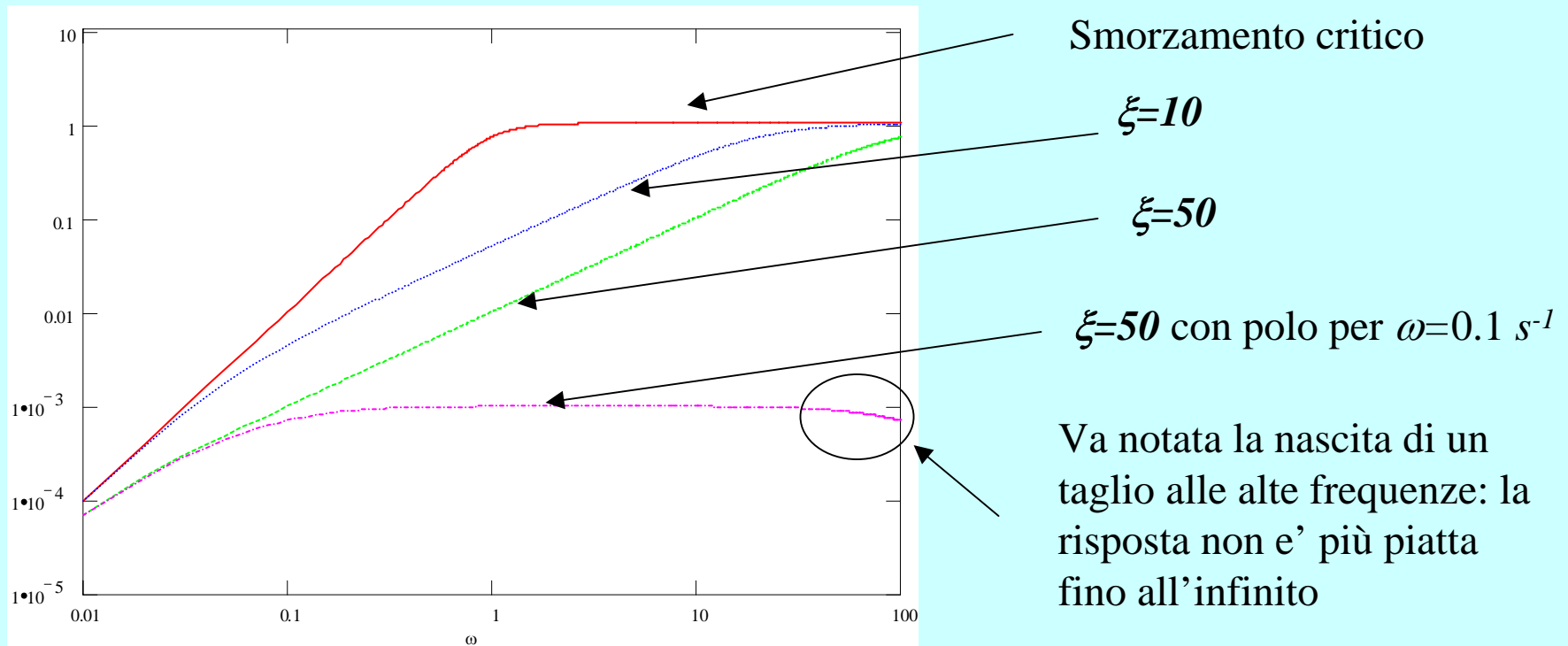
velocità

accelerazione



Il metodo di Lippman...

All'aumentare del coefficiente di smorzamento la risposta di un geofono subisce le modifiche descritte nella figura:



La risposta in velocità e' stata estesa a scapito dell'amplificazione

...non e' affatto inefficiente...

I tre ordini di grandezza perduti nell'amplificazione non ci debbono spaventare: se l' aumento del coefficiente di smorzamento non e' fatto in maniera dissipativa (non lo anneghiamo nell'olio!) ma recuperando l' energia spesa per smorzare il sistema, la diminuzione dell'amplificazione e' solo apparente. Come fare? La formula del coefficiente di smorzamento in funzione della resistenza sulla bobina di pick-up e':

$$\xi = \frac{G^2}{2R\omega_n M} = \frac{1}{R_{ext} + 3600} \cdot 6300$$

G = guadagno (v/ (m/s))

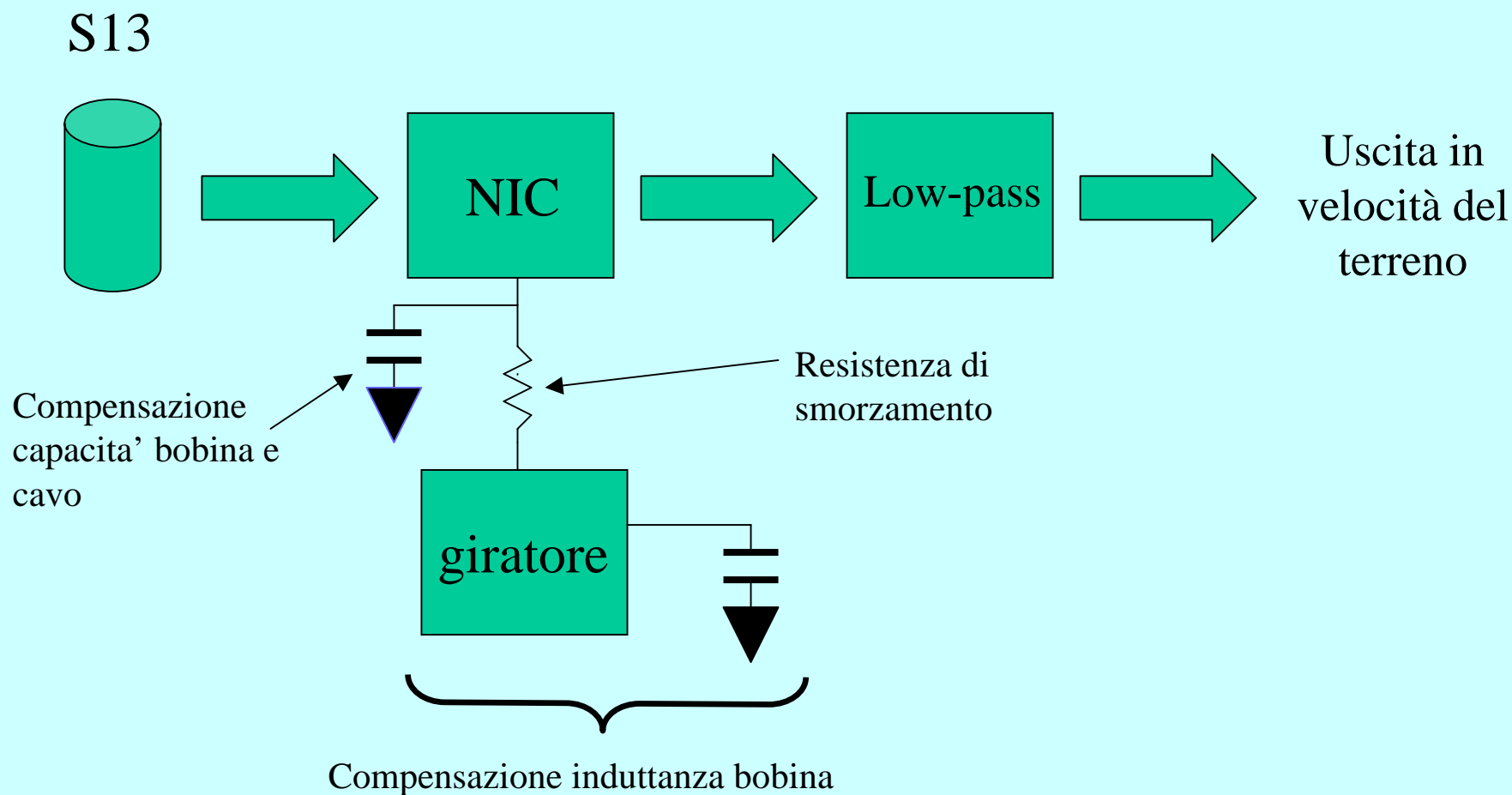
M = massa (Kg)

R = resistenza sulla bobina di pick-up

..infatti:

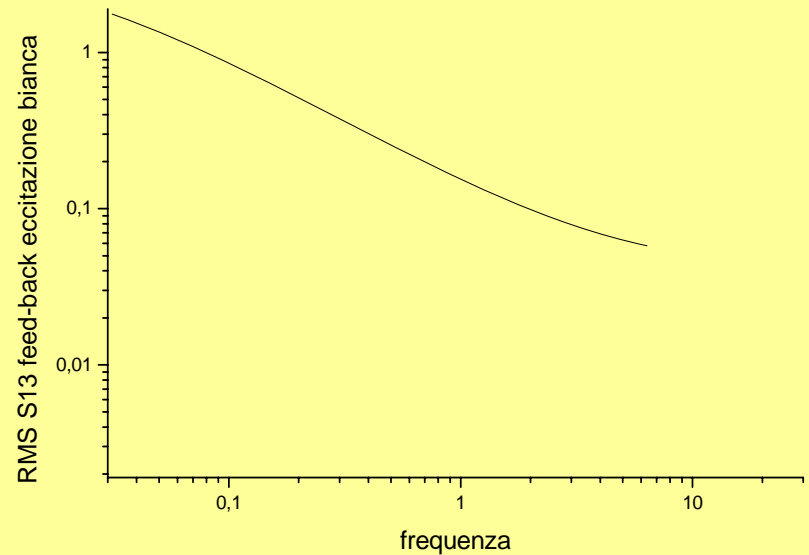
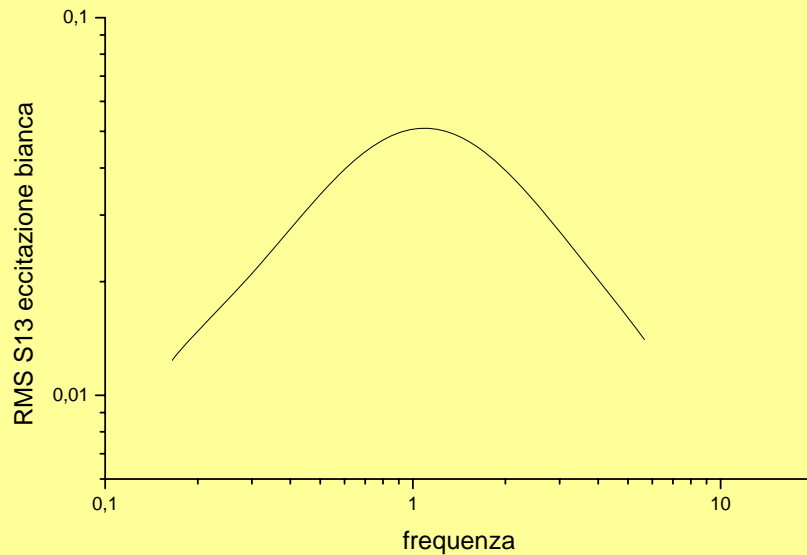
La più piccola resistenza reale (0 Ohm) permette di ottenere solo $\xi=1.75$. Per ottenere $\xi=50$, dobbiamo usare una resistenza $R_{ext} = -3474$; questa e' ottenibile con una circuitazione nota come NIC (*negative impedance converter*). Il circuito NIC può essere sagomato in modo da fornire un'uscita con il segnale utile per uso sismometrico.

Schema di principio

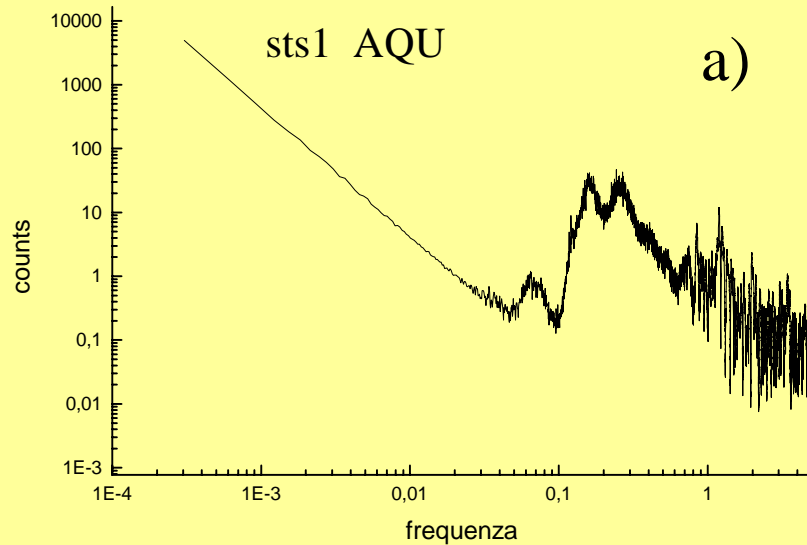


Verifica in laboratorio

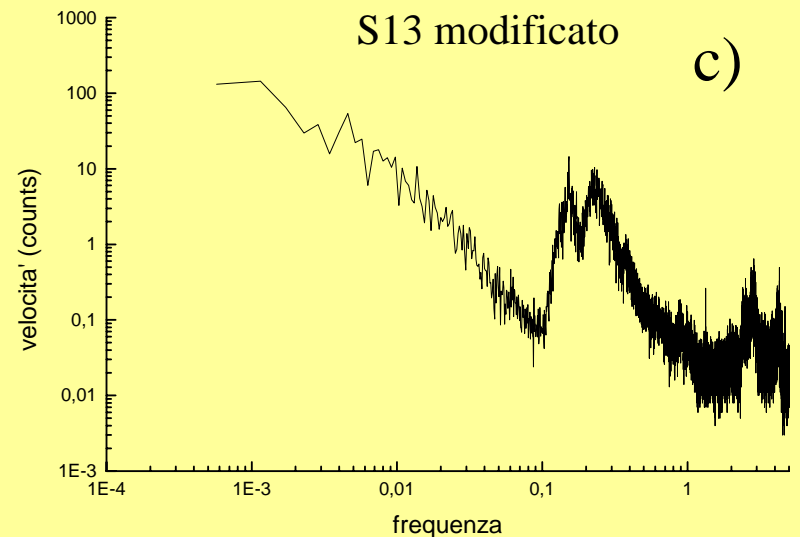
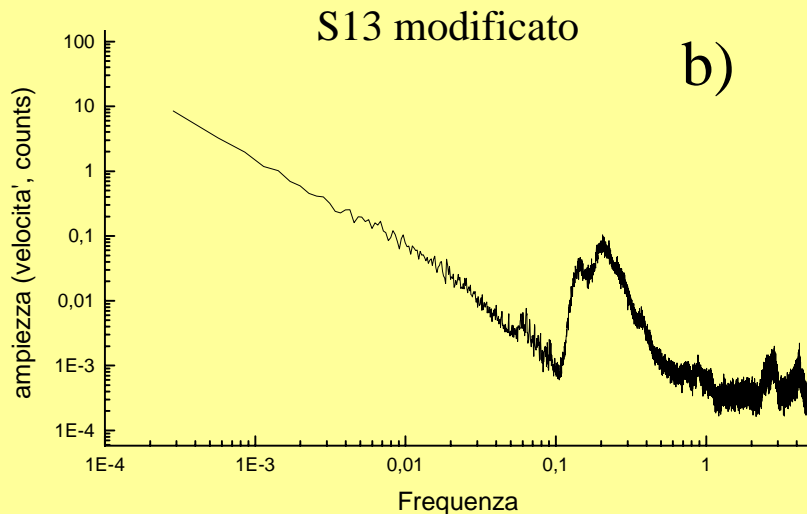
I diagrammi successivi sono in scala arbitraria, ma sono stati ottenuti con lo stesso convertitore AD.; l' S13 e' stato eccitato con uno *sweep* in frequenza (corrente costante) sulla bobina di calibrazione. Questo equivale ad una eccitazione in accelerazione.



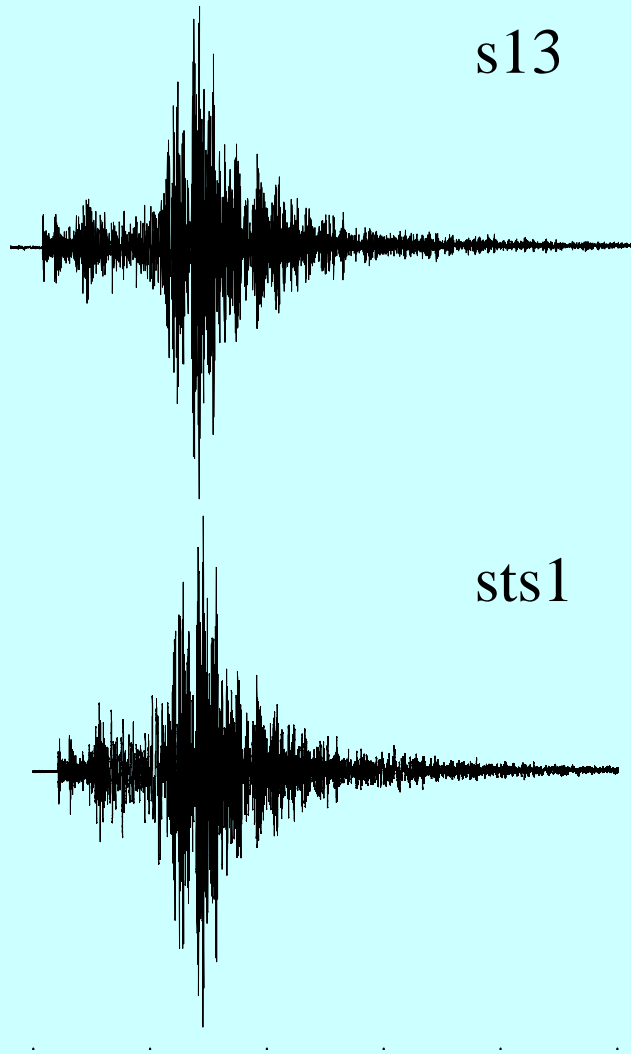
Verifica sul campo: spettri di rumore



- a) 10 gg di integrazione acquisitore Quanterra (24bit)
 - b) 10 gg di integrazione acquisitore INGV (16 bit)
 - c) 6 hh di integrazione, acquisitore Quanterra (24 bit)
- Gli spettri sono stati eseguiti in tempi differenti.



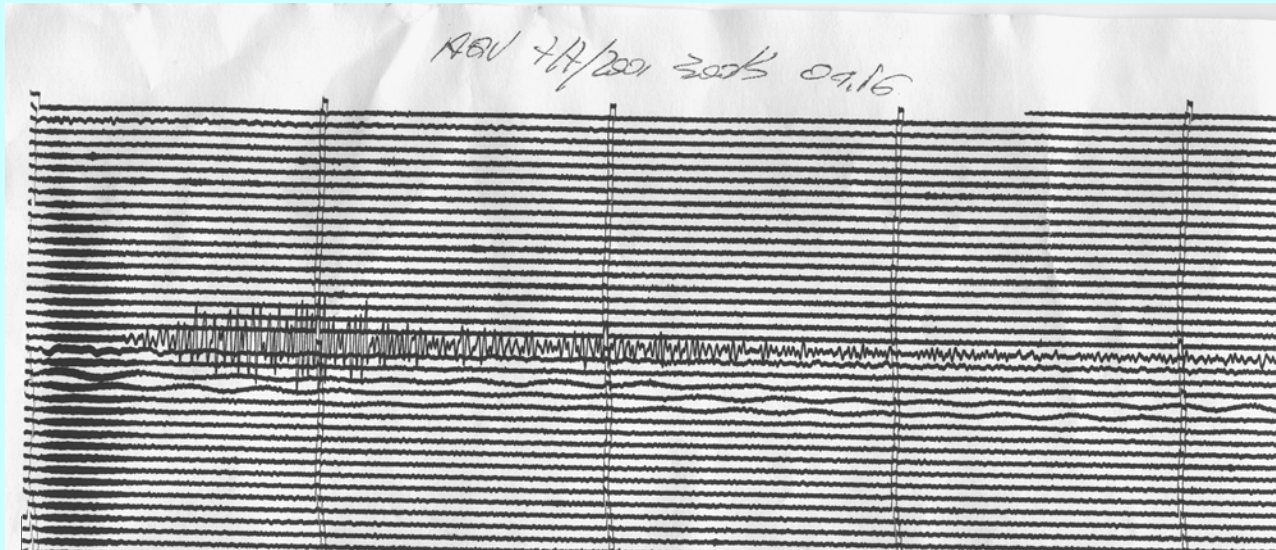
Verifica sul campo : sismogrammi



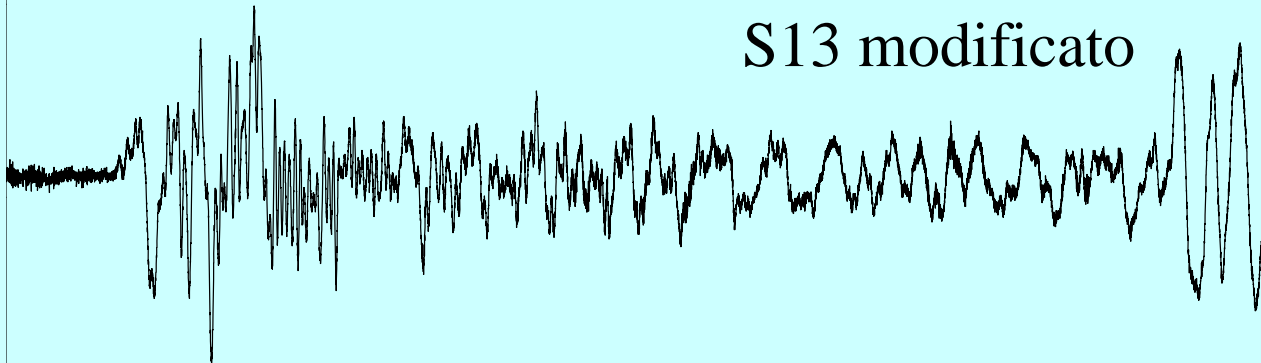
Queste due registrazioni, apparentemente indistinguibili rappresentano il terremoto peruviano del 7 luglio 2001, 7.6M, registrati con l' S13 e con l' STS1-vbb della rete MedNet. L'S13 su cui sono stati effettuati gli esperimenti e' stato installato a qualche metro di distanza dal sensore MedNet. Nei diagrammi sono rappresentate circa 3 ore di registrazione

Ancora il terremoto peruviano

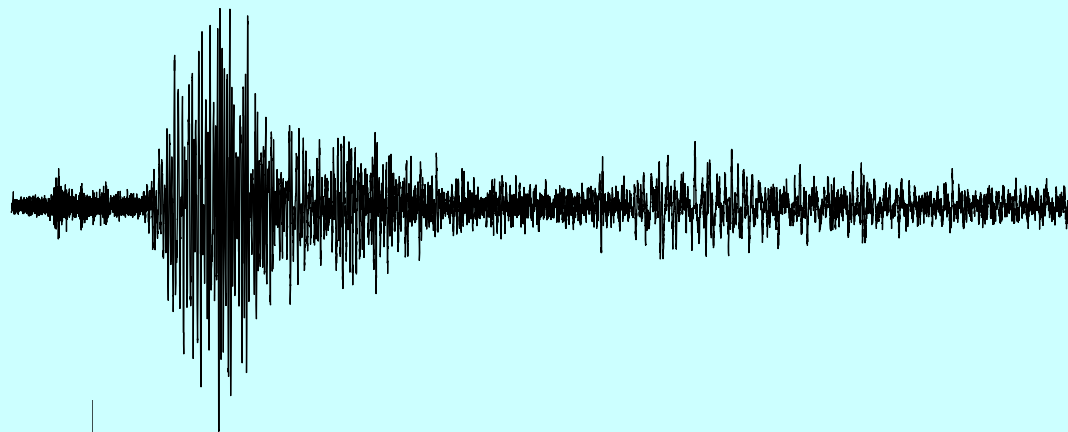
S13 dai rulli della rete



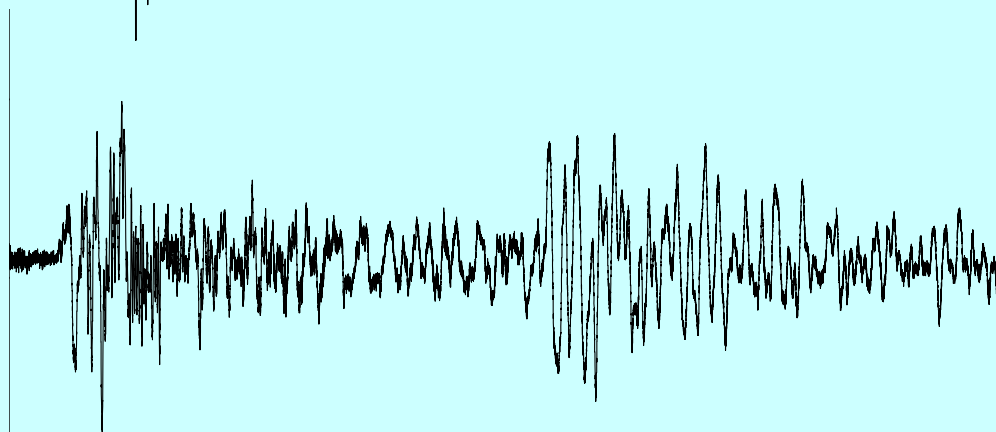
S13 modificato



Sempre il terremoto peruviano



S13 RSNC

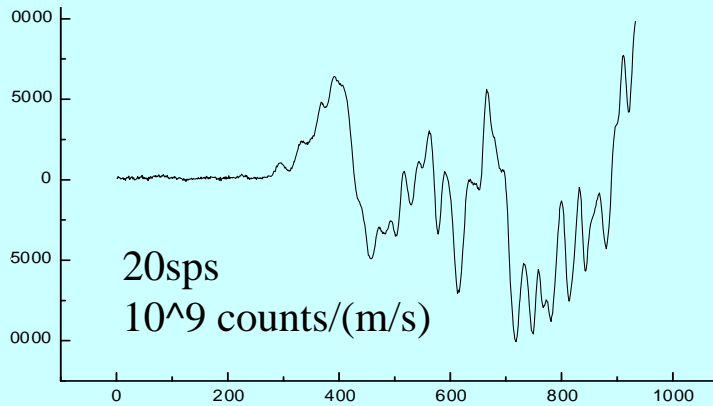


S13 modificato

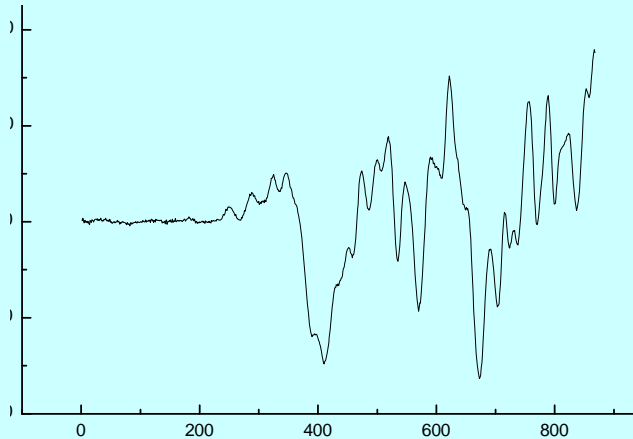
Confronto tra l'S13 della RSNC e l'S13 modificato. La registrazione dura circa 9 min

Confronto del primo arrivo

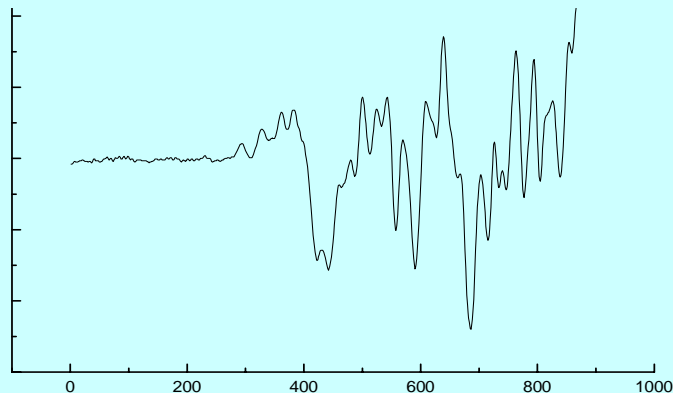
Il primo arrivo del terremoto
peruviano visto dalla stazione
MedNet



Lo stesso segnale filtrato con un
passa-alto a 50 s, stessa scala



Il segnale proveniente dall' S13
modificato, stessa scala



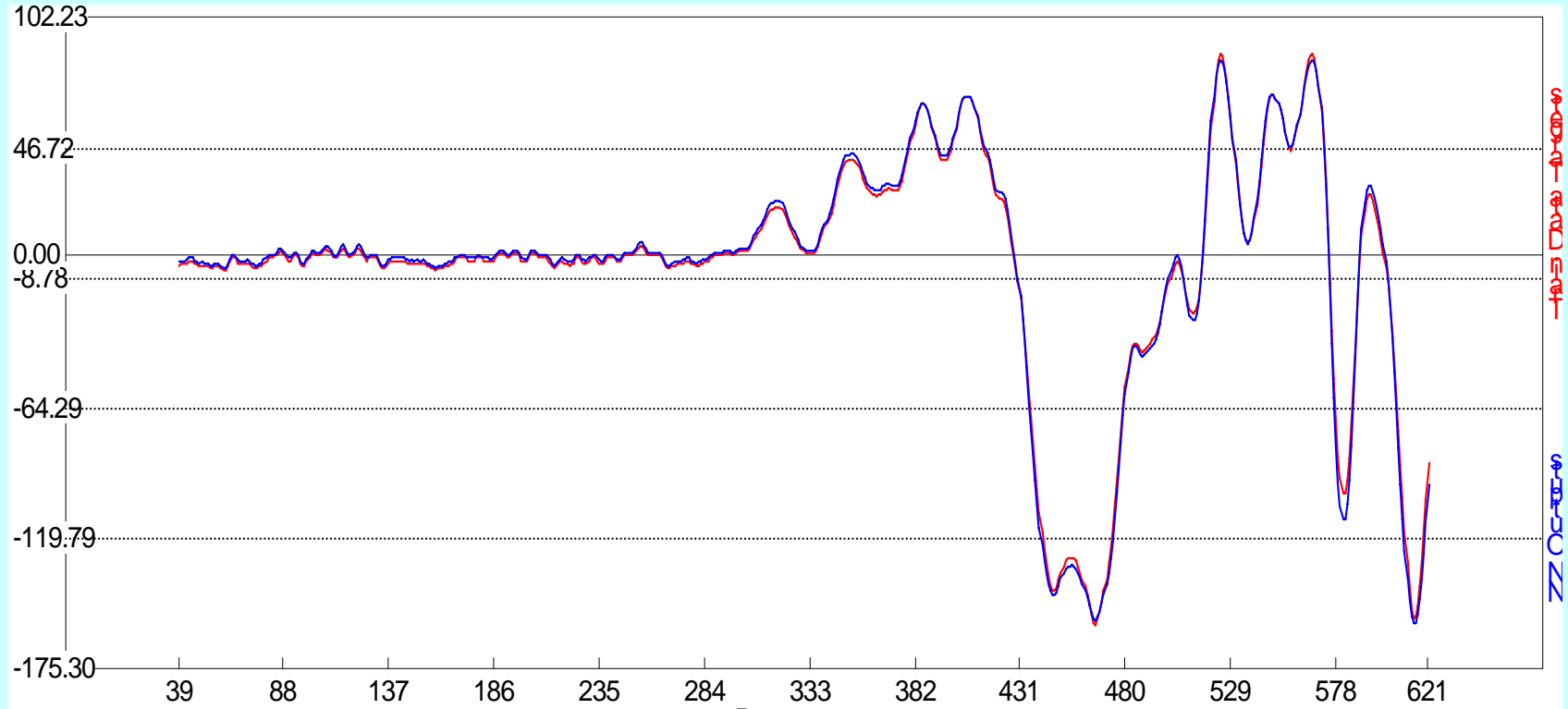
Ma sono davvero uguali i due sismogrammi?

Gli ultimi due sismogrammi della figura precedente appaiono molto simili, e viene spontaneo pensare (e sperare) che le differenze siano solo nelle funzioni di trasferimento (la pendenza del passa alto applicato al segnale di MedNet e' stato deciso a istinto... e questo sembra non sia una cosa canonica)

Pero' **se e' possibile trovare un filtro lineare che conduca un sismogramma nell' altro, allora possiamo considerare perfetti i sismografi che li hanno prodotti, differenti soltanto nella funzione di trasferimento.** Sono stati utilizzati i primi duemila campioni dei sismogrammi per trovare (utilizzando tecniche adattative) il miglior filtro a convoluzione di 50 coefficienti. Il numero dei coefficienti e' stato tenuto volutamente basso (considerando il piccolo segmento di segnale si voleva che le dimensioni del filtro fossero trascurabili rispetto ad esso)

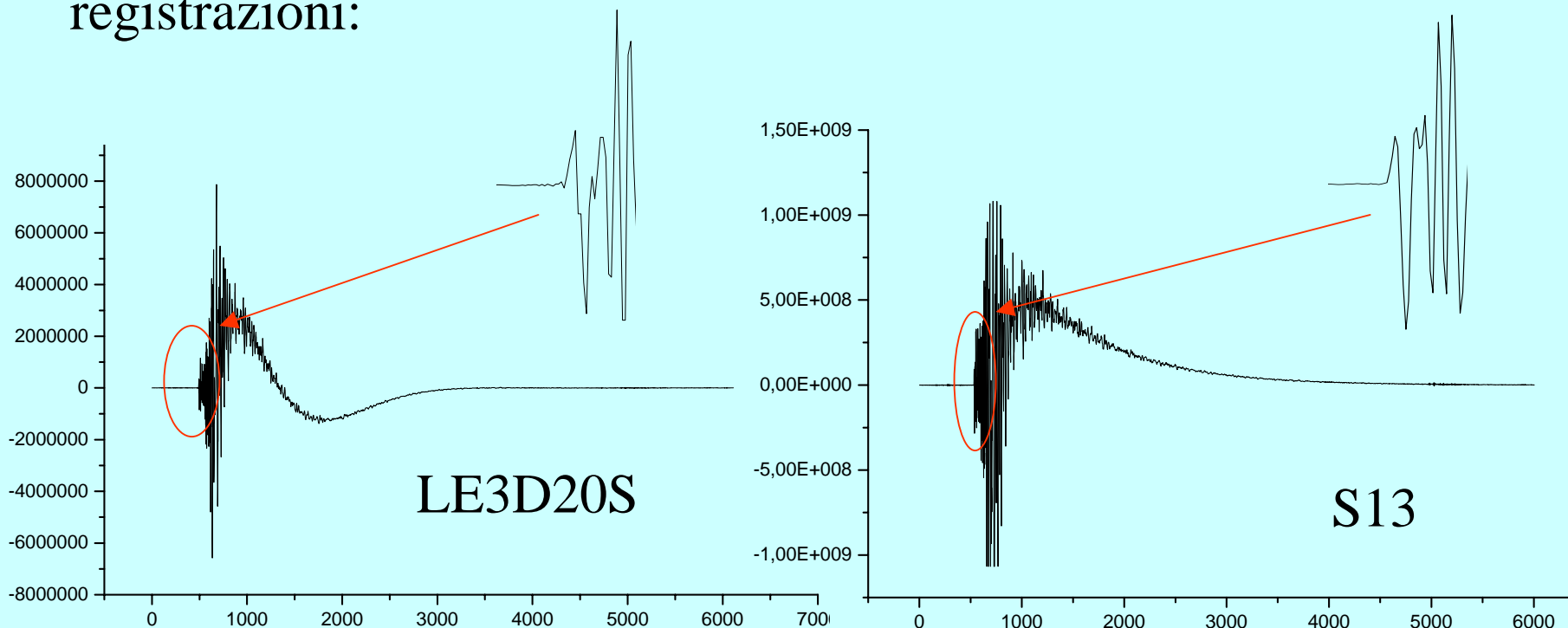
Ma Si!

In Blu l' uscita del sismografo MedNet dopo il filtro a convoluzione, in rosso il segnale dell'S13 modificato



E per un terremoto forte?

Il prototipo e' attualmente installato ad Arezzo, accanto ad un LE 3D 20s, e collegati entrambi ad un acquisitore a Lennartz M24. Alcuni giorni or sono e' capitato un eventino locale (7 Km= distanza=profondità!:proprio sotto la stazione, 3.2M) Ecco le registrazioni:

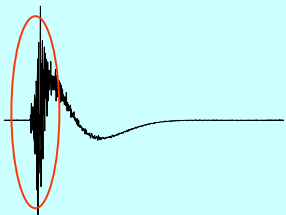
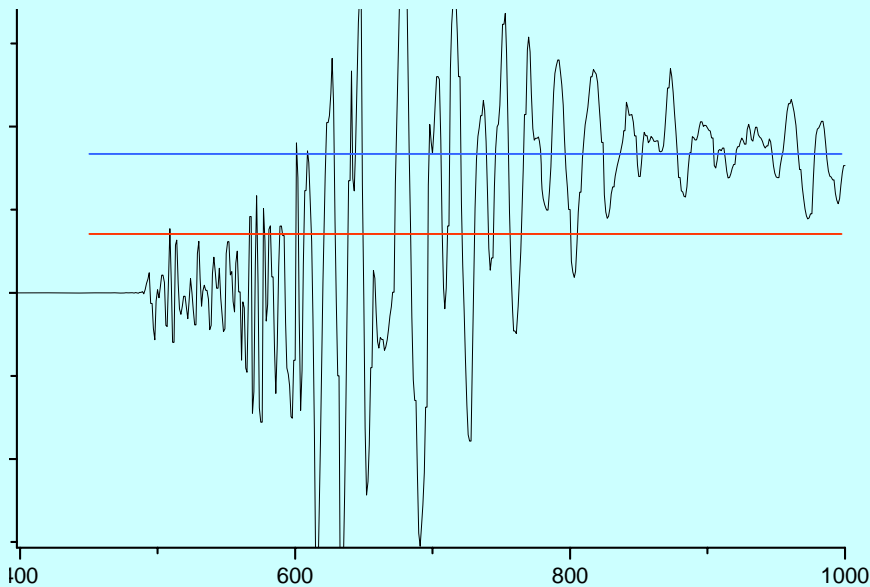


Non ci sconvolgiamo troppo

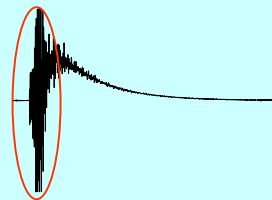
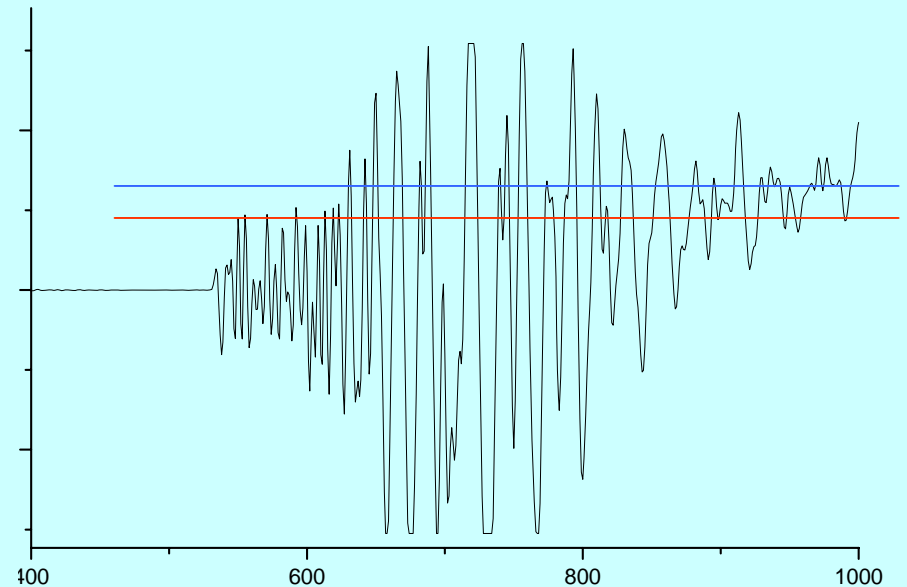
Il desiderio di vedere quanto più possibile ha fatto tenere troppo alto il guadagno del sensore, ed ha penalizzato la registrazione dell' eventino locale, saturando l' acquisitore. Entrambi i sensori sono sconvolti dalla forte sollecitazione. Questo provoca una temporanea disfunzione della controreazione, che si manifesta con la caratteristica 'balena' che viene più o meno lentamente recuperata. Immediatamente si nota che il LE compie una doppia oscillazione, mentre L' S13 ne fa una singola con un tempo di recupero maggiore.

Balene in dettaglio

Le linee rosse rappresentano un'ampiezza uguale per i due sismogrammi. Le linee blu l'ampiezza della balena. Notiamo che il rapporto delle distanze dall'origine delle linee blu e rosse e' circa il doppio per il LE



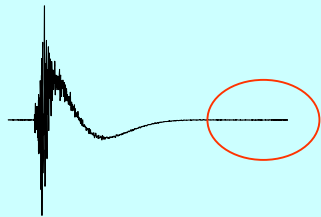
LE3D20S



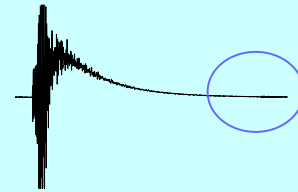
S13

La coda della balena

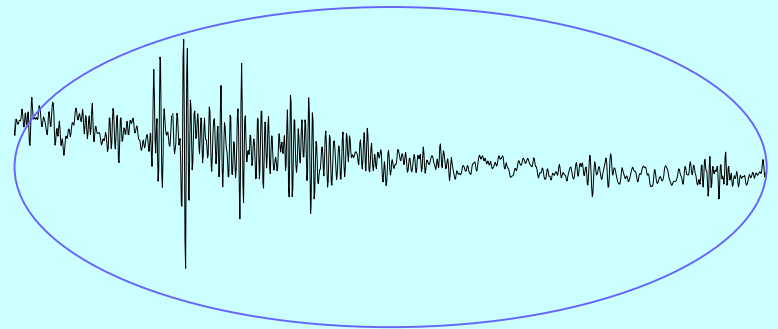
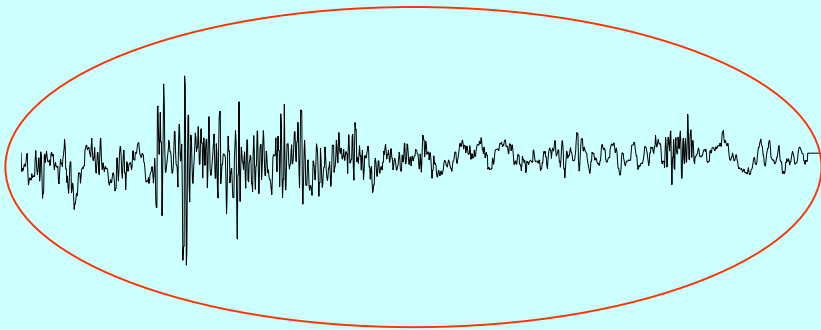
Il recupero dei due sistemi e' rapido (30 s per il LE, 1min per l'S13). Ecco un dettaglio della coda della balena:



LE3D20S



S13



Quanto costa questa meraviglia?

Mah, l' elettronica qualche decina di Euro, per la scatola e i connettori ci vuole un pochino di più.....